

## **EXPI:** Resistencia de aislamiento, índice de polarización y absorción

### Objetivos:

Realizar la medición puntual (60s), IP y DAR de un cable de media tensión (con pantalla) y un transformador de distribución o de medida (depende de la disponibilidad del laboratorio)

### Materiales:

- Megohmetro
- Muestra de cable de media tensión
- Transformador de medida o distribución.

### Temas adicionales para el informe previo:

- Concepto de megado, IP y DAR
- Cuadro de comparación de IP y DAR
- Selección de tensión para el megado según la tensión nominal del equipo
- Corrección de temperatura

### Circuitos:

- Circuito de megado para cable unipolar o monopolar de media tensión (con pantalla, siempre tiene pantalla).
- Circuito de megado para transformador de distribución (usar la guía de megger o el video).

### Informe final:

- Presentar las mediciones realizadas de forma ordenada
- Observaciones y conclusiones de la experiencia

### Referencia:

- Guía de medición de aislamiento de Chauvin Arnoux [https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat\\_guia\\_de\\_medicion\\_de\\_aislamiento.pdf](https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_aislamiento.pdf)
- Guía "Más vale prevenir. La guía completa para pruebas de aislamiento" <https://pdfcoffee.com/guia-completa-prueba-de-aislamiento-electrico-pdf-free.html>
- Guía de laboratorio antigua, paginas a continuación.

### Videos:

Cable de media tensión: <https://www.youtube.com/watch?v=mSFGOtSc5Ik&t=77s>

Transformadores: <https://www.youtube.com/watch?v=HXdNGdWknLU&t=336s>

## EXPERIMENTO N°1

### MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO, INDICE DE POLARIZACION Y ABSORCION



Se realiza esencialmente para verificar el estado de secado de la resistencia de aislamiento esta prueba nos indica sobre el estado de los aisladores y aterrizado del núcleo.

Existen tres componentes de corrientes que pueden ser medidos en esta prueba.

**CORRIENTE DE CARGA:** Depende del tamaño y tipo de equipo a probar, esta corriente tiende a disminuir con el tiempo.

**INDICE DIELECTRICA DE ABSORCION:** Es causada por cambios moleculares en el aislamiento.

**CORRIENTES DE FUGA:** Es la que resulta del cociente de la tensión aplicada al devanado y la resistencia de aislamiento (ley de Ohm).

### RESISTENCIA DE AISLAMIENTO O MEGGER

Es importante registrar las condiciones ambientales de temperatura ambiente (°C), humedad relativa (%), Altitud (msnm) y Presión Atmosférica (mm de mercurio) del transformador al momento de la prueba, para corregirla a 20°C.

Tensiones de prueba 1, 5, 10 y 15KV.

Durante las pruebas se debe aterrizarse el tanque y el núcleo del transformador.



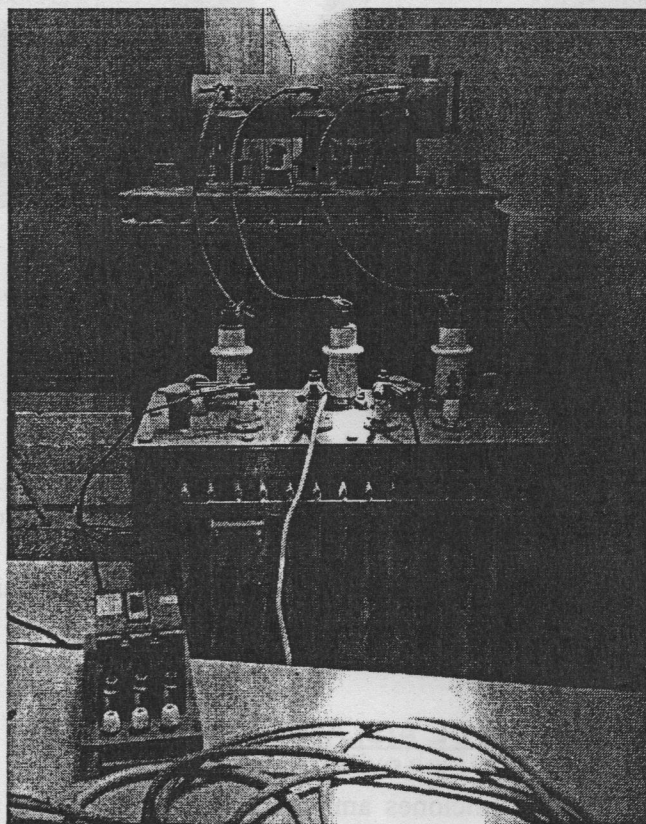
### MEDICION DEL INDICE DE POLARIZACION EN MOTORES Y TRANSFORMADORES:

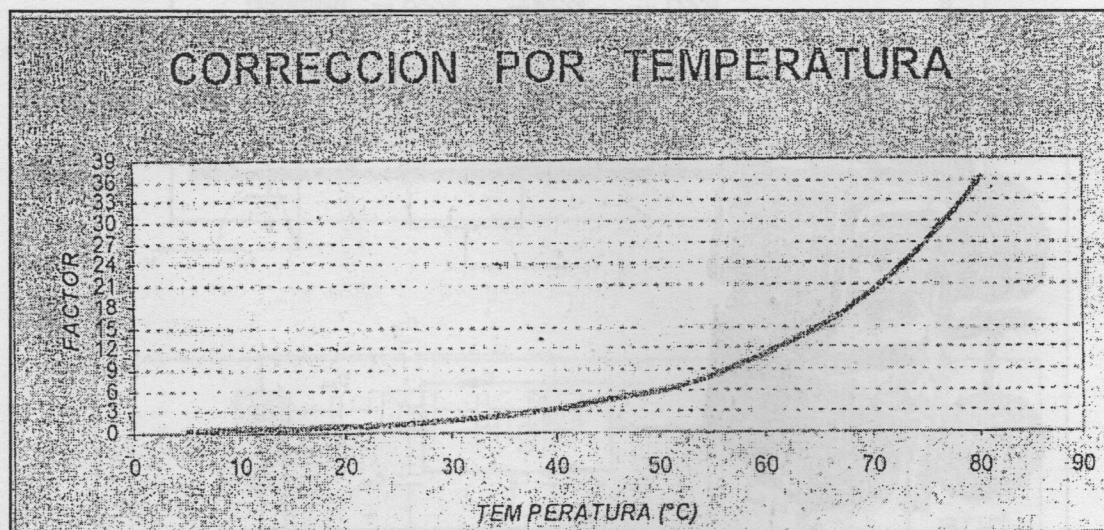
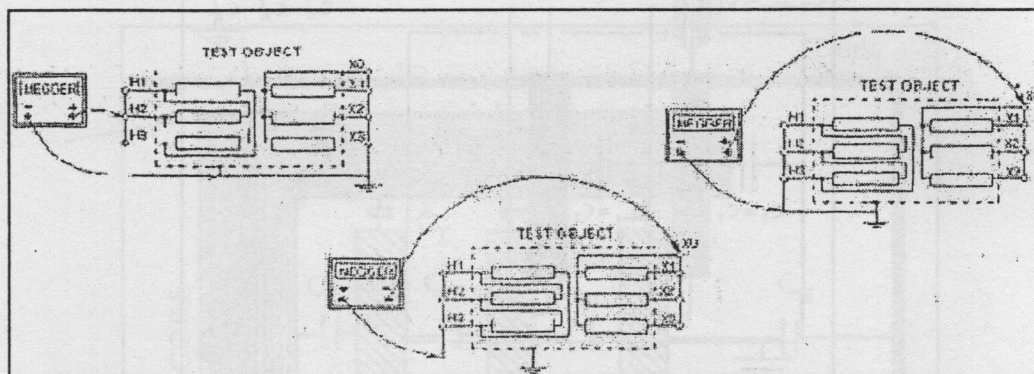
Cuando un transformador es probado, pueden surgir grandes corrientes de absorción, el índice de polarización es la relación de la resistencia de aislamiento medida a los 10 minutos y la Resistencia de Aislamiento medido a 1 minuto de la ecuación se obtiene el Índice de Polarización

$$IP = \frac{R \text{ 10 minutos}}{R \text{ 1 minuto}}$$

Para pequeños transformadores, este índice de polarización puede ser  $IP \geq 1.0$ ; para transformadores de potencia el valor debe estar entre 1.1 y 1.3 y en general un valor alto indica un buen estado de aislamiento.

Los valores por debajo de 1 indican que se deben tomar acciones correctivas en el transformador Ensayado. Esta prueba es independiente de la temperatura.





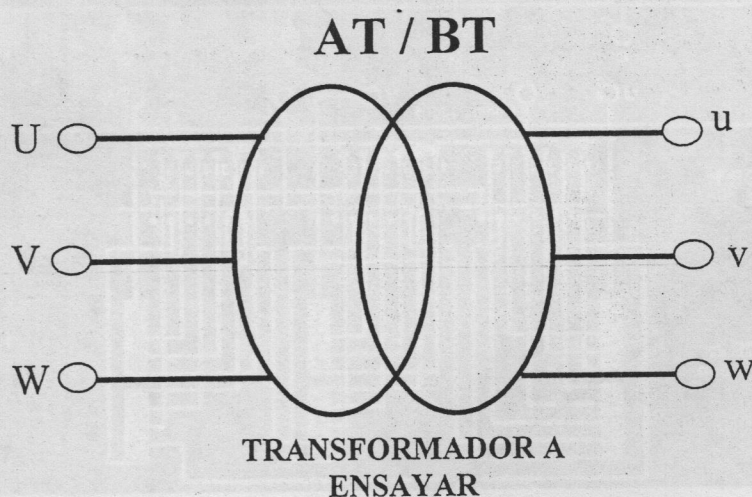


**EXPERIENCIA N° 01 - PROCEDIMIENTO****MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN TRANSFORMADORES DE BAJA TENSION 3Ø,380/220V;60HZ****1. MATERIALES:**

- 01 Megóhmetro Digital AVO –MEGGER – 0- 5Kv ó METRELL.
- 01 Multímetro digital FLUKE.
- 08 Resistencias de 9 MΩ.

**2. PROCEDIMIENTO:****Primera Parte**

Usando el Megometro, en los rangos de 250V, 500V y 1000V DC, determine los valores de resistencias de aislamiento del transformador 3Ø cuya resistencia de aislamiento esté comprendida del orden de los (MΩ). (Escoja el valor mínimo). Registrar y anotar los valores.



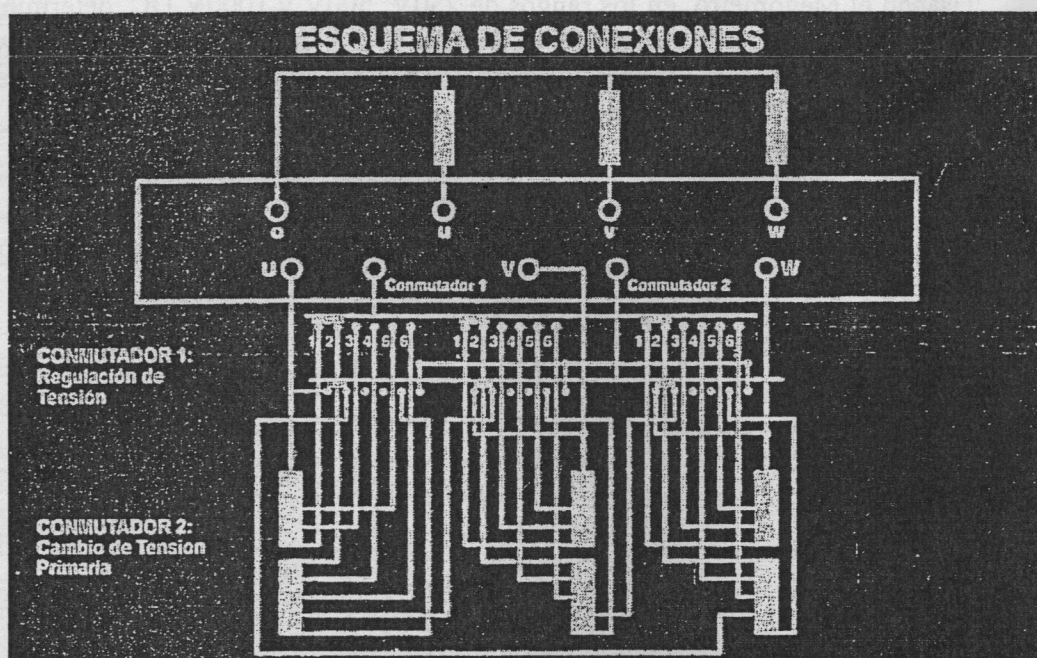
- Con la tensión de 250V, 500V, 1000V DC, tomar juegos de valores de resistencia de aislamiento (MΩ).
- Tomar lectura de resistencia de aislamiento entre alta y baja, alta y masa y entre baja y masa. Comentar los valores obtenidos.

## ENSAYOS DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 250kVA

### 1. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR:

Transformador Trifásico de 250kVA, marca: FACTORIA CANEPA TABINI S.A.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO			
TIPO:	TD-21	N° SERIE:	10547
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN EN VACÍO:	2.3/0.230 - 0.115kV - 60Hz		
CONEXIONES:	YD		
DERIVACIONES:	± 5% PRIM		
POTENCIA:	250 Kva		
FASES:	3 $\phi$	FRECUENCIA:	60 Hz.
SOBRE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA:	55°C		
NORMAS DE FABRICACIÓN:	CEI - IEC		
ACEITE:	120 GLS	PESO:	1450 Kg.
FECHA DE FABRICACIÓN:	20/04/1963		





**2. PRUEBAS SOLICITADAS**

- Pruebas de aislamiento del Transformador Trifásico de 250 kVA.

**3. EQUIPOS A UTILIZAR**

- Equipo patrón ZERA MT 3000. Clase 0.1%
- TTR Probador - Medidor de Relación y Fase.
- Fuente de Tensión 0 - 40kV. 60Hz.
- Fuente de Corriente 0 - 2000 / 5A - 550/10V, clase 0.1, 15kV.
- Equipo convertidor BROWN BOVERI.
- Higrómetro digital 0 - 50°C - 0-100% Humedad Relativa.

**4. NORMAS TÉCNICAS DE REFERENCIA**

- Norma técnica Peruana 370.002 - Transformadores de Potencia.
- Norma Técnica IEC - 60076 - 3 - Power Transformers.
- Norma Técnica Española UNE - 20 - 178 - Transformadores de Potencia.

**5. RESULTADOS ESPERADOS: (Ver Anexo 01)****6. CUESTIONARIO:**

## **EXP2:** Rigidez dieléctrica de aceite de transformadores

### Objetivos:

Realizar dos de las pruebas fisicoquímicas más importantes para determinar la “salud” del aceite dieléctrico de los transformadores, la prueba de rigidez dieléctrica.

### Materiales:

- Espinterómetro
- Muestras de aceite

### Temas adicionales para el informe previo:

- Cuadro de características de pruebas de rigidez dieléctrica según diferentes normas según manual de megger.
- Descargar una tabla de color de aceite según la ASTM1500.

### Circuitos:

- Procedimiento de uso del espinterómetro según video

### Informe final:

- Colocar los resultados, analizar los datos estadísticamente según la norma ¿Qué indican estos resultados?
- ¿Qué color tiene el aceite y que significa?
- Observaciones y conclusiones de la experiencia

### Referencia:

- La guía de Megger sobre las pruebas de ruptura dieléctrica de aceites de aislamiento  
<https://docplayer.es/22247598-La-guia-de-megger-sobre-las-pruebas-de-ruptura-dielectrica-de-aceites-de-aislamiento.html>

### Videos:

- <https://www.youtube.com/watch?v=wV7VWoYUOEA>



### **EXP3:** Tensión aplicada e inducida en transformadores y TTR

#### Objetivos:

Realizar la prueba de tensión aplicada, tensión inducida y TTR aun transformador de distribución.

#### Materiales:

- Fuente monofásica para tensión aplicada
- Fuente trifásica de doble de frecuencia
- Equipo TTR trifásico o monofásico
- Transformador de distribución o de medida

#### Temas adicionales para el informe previo:

- Procedimiento de realización de cada prueba.

#### Circuitos:

- Circuito de tensión aplicada según guía antigua
- Circuito de tensión inducida según guía antigua
- Circuito de TTR según los videos

#### Informe final:

- Presentar los resultados
- Observaciones y conclusiones de la experiencia

#### Referencia:

- La guía antigua

#### Videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=sROCFEMwlz4>

<https://www.youtube.com/watch?v=9GnecU8TI2Q&t=53s>

<https://www.youtube.com/watch?v=78VWeK7JrLw&t=161s>

## EXPERIENCIA N° 02 – PROCEDIMIENTO

### TENSIÓN APLICADA EN TRANSFORMADORES

#### 1.- OBJETIVO:

Determinar en forma experimental mediante el ensayo de tensión aplicada el nivel de tensión del aislamiento.

#### 2.- Ensayo de Tensión Aplicada

Este ensayo se efectúa para determinar si los niveles de aislamiento de los arrollamientos con respecto a las bobinas de alta tensión y baja tensión y masa cumplan con las exigencias señaladas en la norma IEC 60076-3, esta prueba es también conocida como prueba de aislamiento de frecuencia industrial y su duración es de un minuto.

Las figuras 2.1 y 2.2 muestran el circuito de conexión del ensayo de Tensión Aplicada para los Bornes Alta Tensión y Baja Tensión respectivamente.

##### a) Procedimiento del ensayo

- La tensión a aplicar a los devanados del transformador será según lo indicado en las Tablas.
- Puentear los bornes de Alta Tensión (AT) y todos los bornes de Baja Tensión (BT).
- Conectar a tierra los bornes de BT o bornes no sometidos a tensión con el tanque del transformador.
- Conectar la salida de tensión variable del tablero general (Solo dos bornes – monofásico) con los bornes de alimentación del transformador Monofásico elevador (Transformador de relación de transformación 1/500). De ser el caso, se utilizara Transformadores auxiliares de relación 1/2, antes de la alimentación del Transformador Monofásico elevador para tensiones de prueba altas,



- Conectar la salida del transformador Monofásico elevador a los bornes de AT del transformador a ensayar
- Alimentar con voltaje gradual desde el tablero general al Transformador Elevador, hasta llegar al valor de la tensión de prueba indicado en la Tabla 2.1
- Alcanzado el valor de tensión de prueba, medir el tiempo de prueba (60 s) con un cronometro y el valor de tensión y corriente deben mantenerse constantes.

#### **b) Criterio de aceptación**

Una vez finalizado el ensayo se considera satisfactorio, si es que en el desarrollo del mismo no se presentaron anomalías en el transformador como las descargas por flameo externo o arco interno con incremento drástico de la corriente de prueba.

#### **c) Causas frecuentes de falla**

Las causas frecuentes de falla son:

- a) Bajo aislamiento entre arrollamientos y respecto a masa
- b) Bajo nivel del aceite
- c) Existencia de Humedad o perdida de propiedades físicas químicas del aceite

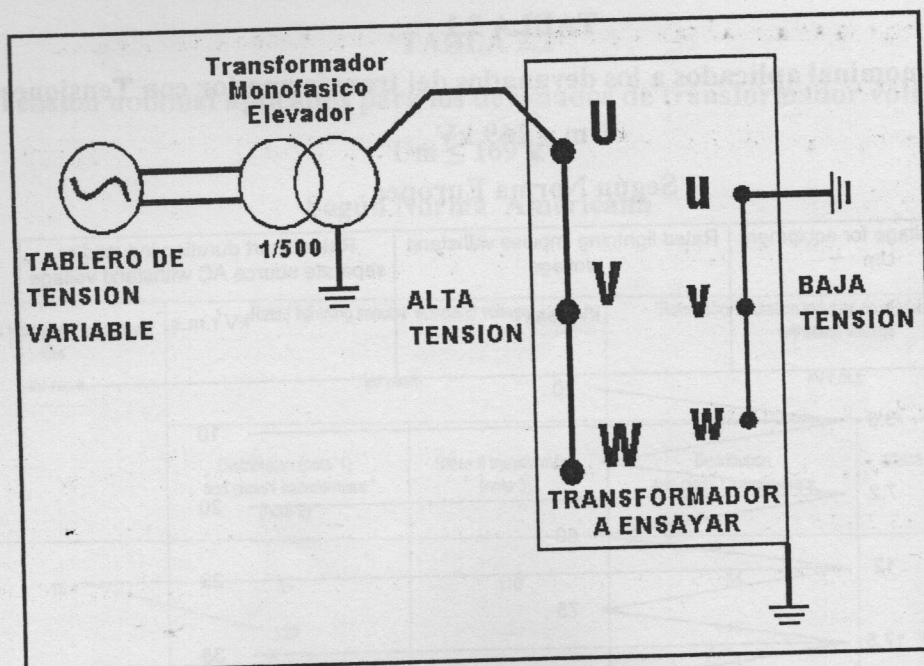


Figura 2.1 Conexionado para Ensayo de Tensión Aplicado -AT

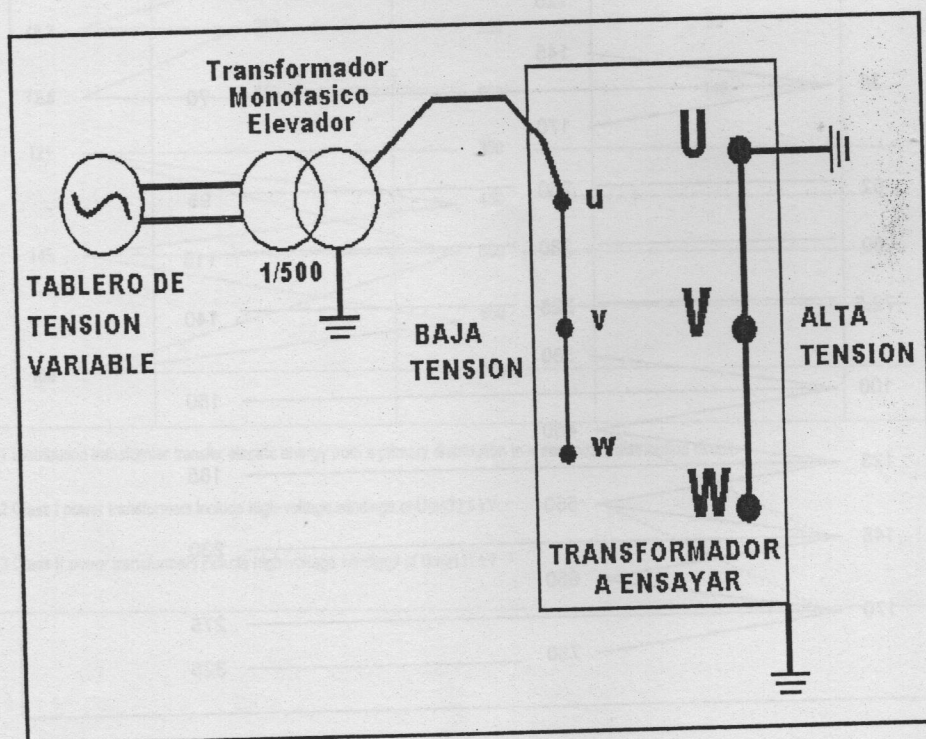


Figura 2.2 Conexionado para Ensayo de Tensión Aplicado -BT



TABLA 2.1

Tensión nominal aplicados a los devanados del transformador con Tensiones

 $U_m \leq 169 \text{ kV}$ 

Según Norma Europea

Highest voltage for equipment $U_m$ kV r.m.s.	Rated lightning impulse withstand voltage kV peak	Rated short duration induced or separate source AC withstand voltage kV r.m.s.
3.6	20	10
7.2	40	20
12	60	28
17.5	75	38
24	95	50
	125	
36	145	70
	170	
52	250	95
60	280	115
72.5	325	140
	380	
100	450	150
123	550	185
145	650	230
170	750	275
		325

Devanados con  $U_m \leq 1.1 \text{ kV}$  deberá ser probado con la tensión aplicada de 3 kV

TABLA 2.2

Tensión nominal aplicados para los devanados de transformador voltajes

 $U_m \leq 169 \text{ kV}$ 

Según Norma Americana

Highest voltage for equipment $U_m$ kV r.m.s.	Rated lightning impulse withstand voltage		Rated short-duration induced or separate source AC withstand voltage	
	kV peak		kV r.m.s.	
	Distribution (note 1) and class I transformers (note 2)	Class II transformers (note 3)	Distribution and class I transformers	Class II transformers
15	95	110	34	34
	125	—	40	—
26.4	150	150	50	50
36.5	200	200	70	70
48.3	250	250	95	95
72.5	350	350	140	140
121		350		140
		450		185
145		550		230
		650		275
169		750		325

NOTE 1 Distribution transformer transfer electric energy from a primary distribution to a secondary distribution circuit.

NOTE 2 Class I power transformers include high-voltage windings of  $U_m \leq 72.5 \text{ kV}$

NOTE 3 Class II power transformers include high-voltage windings of  $U_m \geq 121 \text{ kV}$



TABLA 2.3

## Tensión aplicado a los devanados de Transformadores con Voltajes &gt; 170 kV

Highest voltage for equipment Um kV r.m.s.	Rated switching impulse withstand voltage phase-to- earth kV peak	Rated lightning impulse withstand voltage kV peak	Rated short-duration induced or separate source AC withstand voltage kV r.m.s.
245	550	650	325
	650	750	360
300	750	850	395
	850	950	460
362	950	1050	510
		1175	
420	850	1050	460
	950	1175	510
550	1050	1300	570
	1175	1425	630
800	1300	1550	680
	1300	1675	Nota 3
	1425	1800	Nota 3
	1550	1950	Nota 3
		2100	

NOTE 1 Dotted lines are not in line with IEC 60071-1 but are current practice in some countries

NOTE 2 For uniformly insulated transformers with extremely low values of rated AC insulation levels, special measures may have to be taken to perform the short-duration AC induced test

NOTE 3 Not applicable, unless otherwise agreed

NOTE 4 For voltages given in the last column, higher test voltages may be required to prove that the required phase-to-phase withstand voltages are met. This is valid for the lower insulation levels assigned to the different Um in the table



**EXPERIENCIA N° 02-A – PROCEDIMIENTO****TENSIÓN INDUCIDA EN TRANSFORMADORES****1.- Ensayo de Tensión Inducida**

Este ensayo tiene como finalidad, verificar los esfuerzos dieléctricos producido en los aislamientos entre todos los puntos donde se induce tensión, esto es, entre espiras, entre bobinas, entre capas de las bobinas, entre derivaciones, entre salidas, etc.

Con ese fin se aplica al arrollamiento de menor tensión, el doble de la tensión nominal, durante un tiempo de prueba establecido. Para que el núcleo no se sature con el doble de la tensión inducida se debe también duplicar la frecuencia, en el caso de utilizar en el ensayo frecuencias mayores a la nominal, el tiempo establecido para la prueba estará dada por:

$$T_t = 120 \times \frac{f_n}{f_t}$$

(2.20)

$T_t$  = Tiempo de prueba

$f_n$  = Frecuencia nominal

$f_t$  = Frecuencia de prueba

La figura 2.1A muestra el circuito de conexión a emplearse para el ensayo de Tensión inducida.

**a) Procedimiento del ensayo**

- Colocar la salida del grupo convertidor de frecuencia-transformador auxiliar a los bornes de menor tensión del transformador de prueba (en caso de no requerirse transformador auxiliar, la conexión será directa al grupo convertidor al transformador de prueba), conectar el tanque a tierra.
- Alimentar desde el tablero general al motor del grupo convertidor de frecuencia

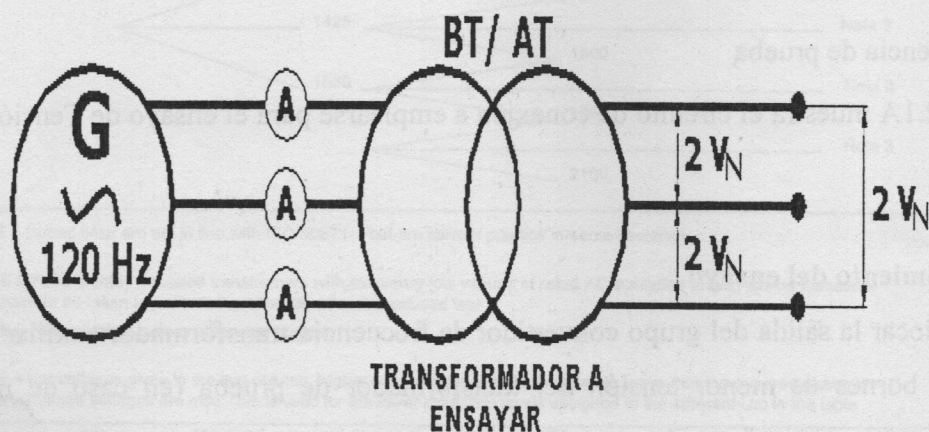
- Incrementar la tensión de alimentación al motor del convertidor hasta alcanzar el voltaje y frecuencia nominal de prueba. A la salida del convertidor se conectan los instrumentos respectivos para efectuar las mediciones de frecuencia y voltaje.
- Alcanzado el valor de tensión de prueba se empieza a medir el tiempo indicado en la norma IEC 60076.

**b) Criterio de aceptación:**

Una vez finalizado el ensayo se considera satisfactorio, si es que en el desarrollo del mismo no se presentaron anomalías en el transformador como descargas internas o externas, acompañadas de un brusco aumento de corriente.

**c) Causas frecuentes de fallas:**

Si durante el ensayo se observa un aumento súbito de la corriente de alimentación y simultáneamente se dispara la protección (fusible o disyuntor) es indicio de que ocurrió un cortocircuito que pueda estar localizado entre el devanado de baja tensión contra el núcleo o el devanado de alta tensión contra algún otro elemento conectado a tierra.



**Figura 2.1 Tensión Inducida**

Los Amperímetros, Voltímetros deben ser de clase de precisión 0.2, con rangos de corriente hasta 5A y tensión hasta 600VAC.



## EXPERIMENTO N° 03 - PROCEDIMIENTO

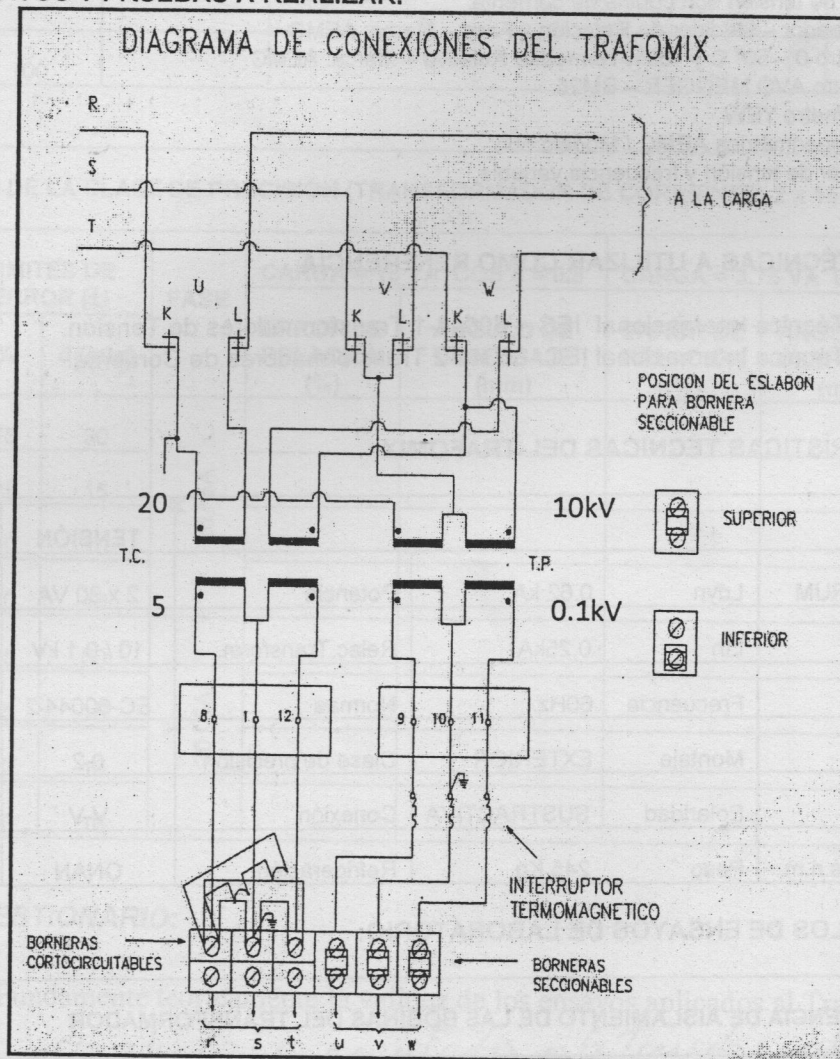
### ERRORES DE RELACION Y TENSION INDUCIDA EN TRANSFORMADORES DE MEDIDA

#### (Parte 1)

#### 1. OBJETIVO:

Efectuar los ensayos en transformador de medida trifásico - Trafomix.

#### 2. ENSAYOS Y PRUEBAS A REALIZAR:



#### 3. PRUEBAS ELÉCTRICAS A REALIZAR:

- Medición de Resistencia de aislamiento (MΩ).
- Medición de la resistencia de los bobinados de alta y baja tensión (Ω).
- Medición de Relación de transformación directo.
- Verificación clase de precisión transformador de corriente.



**4. EQUIPOS O INSTRUMENTOS A UTILIZAR:**

- Transformador Integrado de Medida Trifásico, Marca: SPECTRUM, Tipo: TIM-22, serie: 218, para 1000 msnm, año de fabricación: 2010.
- ✓ Potencia del Transformador de Tensión 2 X 30 VA – relación de Transformación de 10 / 0.1kV. Clase 0.2.
- ✓ Potencia del Transformador de Corriente 2 X 15 VA – relación de Transformación de 20 - 40 - 80/ 5A. Clase 0.2.
- Equipo Zera MT-3000, clase de Precisión 0.1%.
- Estabilizador de tensión (para el equipo ZERA MT-3000).
- Carga para transformador de intensidad (0.1 – 5A).
- Variador de tensión con bobina de corriente.
- TTR Probador – Medidor de Relación y Fase – Marca: AEMC.
- Higrómetro 0 – 50° C y 100% Humedad Relativa – Marca: AEMC.
- Megómetro AVO MEGGER – BM25.
- Galvanómetro YEW.
- Pinza Amperimétrica AEMC / Modelo 565.
- Generador de tensión y frecuencia variable.

**5. NORMAS TÉCNICAS A UTILIZAR COMO REFERENCIA**

- Norma Técnica Internacional IEC – 60044-1 Transformadores de Tensión.
- Norma Técnica Internacional IEC -60044-2 Transformadores de Corriente.

**6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRAFOMIX:**

DESCRIPCION				TENSIÓN	CORRIENTE
Marca	SPECTRUM	Ldyn	0.62 kA	Potencia	2 x 30 VA
Número de serie	218	Lth	0.25kA	Relac.Transform.	2 x 15 VA
Tipo	TIM 22	Frecuencia	60Hz.	Normas	10 / 0.1 kV
Año de Fabricación	2010	Montaje	EXTERIOR	Clase de precisión	20-40-80 / 5A
Clases de Aislam.	AO	Polaridad	SUSTRACTIVA	Conexión	EC-60044-2
Altitud	1000 m.s.n.m.	Peso	245 Kg.	Refrigeración	EC-60044-1
					0.2
					0.2
					V-n
					ONAN

**7. PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO:**

1.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LAS BOBINAS DEL TRANSFORMADOR					
	AT – BT (VDC : 5000 V)		AT – Masa (VDC : 5000 V)		BT – Masa (VDC : 5000 V)
TRANSFORMADOR – POTENCIAL	U-W	MΩ	U	MΩ	W MΩ
TRANSFORMADOR - INTENSIDAD	K-r	MΩ	K	MΩ	r MΩ

## 2.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LOS BOBINADOS DEL TRANSFORMADOR

TRANSFORMADOR DE TENSION 13.2 / 0.220 kV	U-v = $\Omega$	V-W = $\Omega$	W-U = $\Omega$
	u-v = $\Omega$	v-w = $\Omega$	w-u = $\Omega$
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 20 / 5A	K-L = $\Omega$		K-L = $\Omega$
	r-s = $\Omega$		t-s = $\Omega$

## 3.- RELACION DE TRANSFORMACION DE TENSIÓN DIRECTO

RELACIÓN	TEÓRICO	UW/uw	VW/vw	WU/wu	ERROR (%)	RESULTADO (CUMPLE/NO CUMPLE)
10 / 0.1 kV	100					

## 4.- VERIFICACIÓN DE LA CLASE DE PRECISIÓN (TRANSFORMADOR DE CORRIENTE) 2 x 15 VA

% Isx	A	LIMITES DE ERROR ( $\pm$ )		FASE	CARGA = 15 VA COS $\phi$ = 0.8		CARGA = 3.75 VA COS $\phi$ = 0.8		RESULTADO (CUMPLE/NO CUMPLE)
		e %	d (min)		ERROR DE RELACIÓN (%)	ÁNGULO DE DESFASAJE (min)	ERROR DE RELACIÓN (%)	ÁNGULO DE DESFASAJE (min)	
5		0.75	30	R 20 / 5A					
20		0.35	15						
100		0.20	10						
120		0.20	10						
5		0.75	30	T 20 / 5A					
20		0.35	15						
100		0.20	10						
120		0.20	10						

## 8. CUESTIONARIO:

1) Fundamente teóricamente la validez de los ensayos aplicados al Trafomix.

- Explicar los resultados o 6 Tenidos de la Resistencia de aislamiento, criterios de aceptación.
- Elaborar una gráfica de la Resistencia de aislamiento de 1'min. tomar los valores en este intervalo.
- Que significa el TAP de un trafomix, o transformador de Tensión?